



SUSY活動報告

(物理別動隊の活動)

2003年12月
アトラス日本総会@信州大学
神戸大学 川越清以

(昨年はパワーポイント賞受賞)

なぜ超対称性(SUSY)をやるか

- 標準理論を超える理論として最も有望。
- ヒッグスと並ぶ(しのぐ?) LHCの最重要物理。
- はたしてSUSYは本当か? ... I suspect. (Witten, 2002)
- 状況証拠は数多い。あとは直接発見するしかない。
- SUSYが本当ならLHCで直接発見できる。

-
- ATLAS内のSUSY WGはHiggs WGより弱小。
 - 比較的容易に貢献を示せる? という期待があった。
 - 実際、WG内外でわれわれの活動が認知されてきている。
 - G. Polesello: SUSY convener → Physics coordinator
 - 日本の理論屋さんの協力が得やすい。
 - SUSY Experts 野尻さん(基研)、久野さん(宇宙線研)
 - Generator Experts 小田切さん(HERWIG、在台湾)
KEK南建屋グループ

などのみなさま

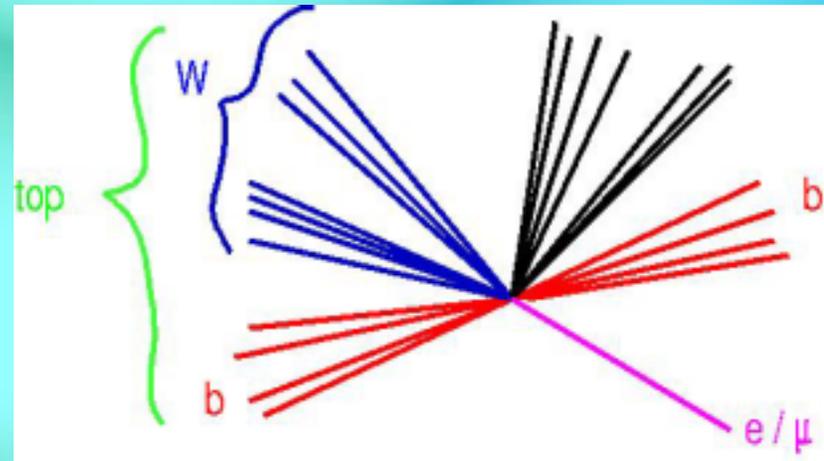
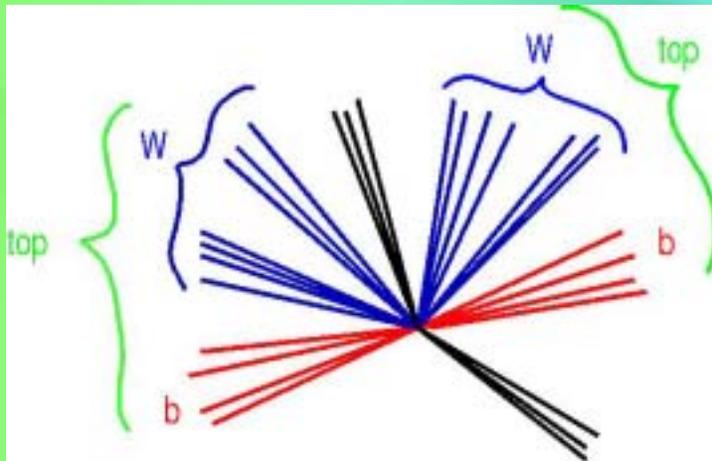
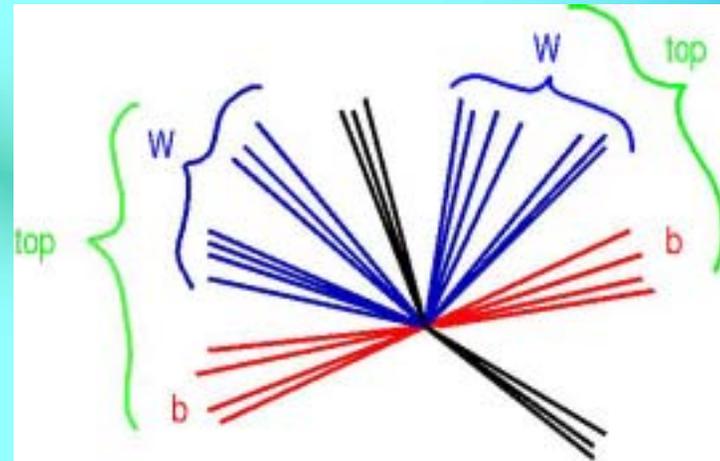
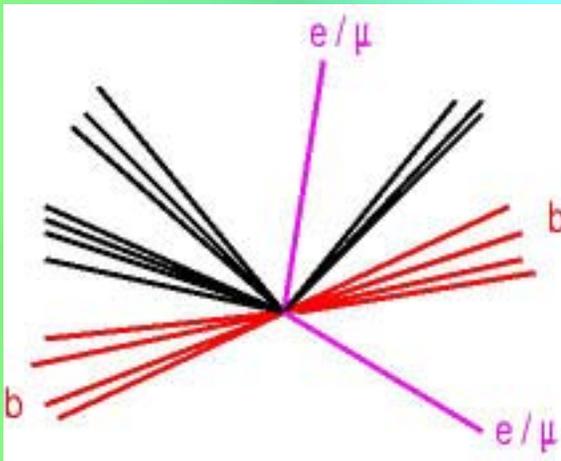
何をやるか。

- **ATLAS Physics TDR (1999) でやられてないもの。**
 - **レプトンを使った比較的簡単な解析はすでにやられている。**
 - **LHCでできそうな新しくて面白いことを、理論屋さんと一緒に考える。**
- **これまでにやったこと / やりつつあることは**
 - **第3世代スカラークォーク(*stop, sbottom*)の研究**
 - **Non-pointing photon によるGMSB事象の研究**
 - **Mass relation method によるSUSYパラメータの決定 (始めたばかり)**

第3世代スカラークォークの研究

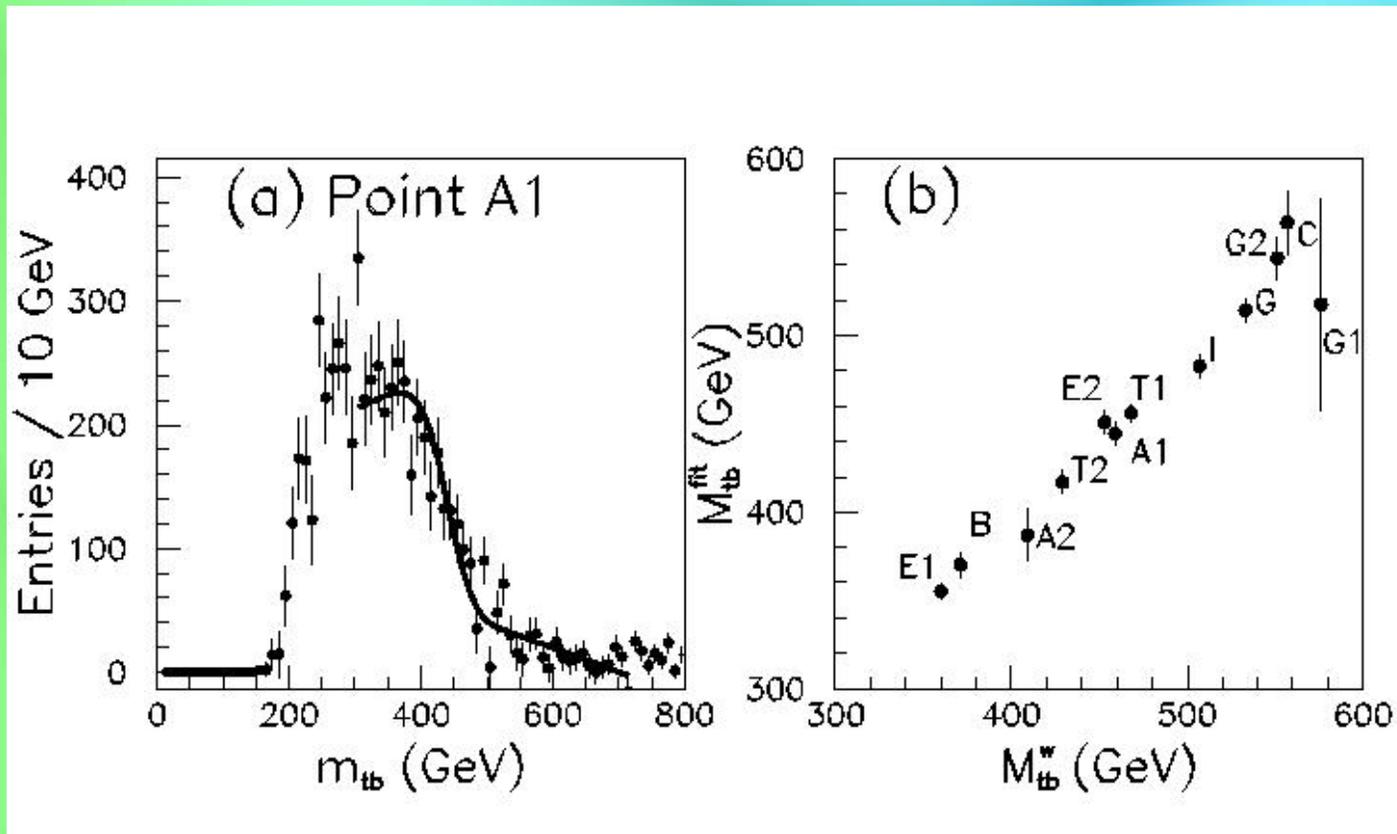
- 言いたしっぺは久野さん (stopの偏極をみれないか?)。
 - Physics TDR (1999) は不十分。
 - 理論的に第3世代は面白い。
 - 2001年6月頃、野尻、川越で作業開始。最初は五里霧中。
- SUSY事象の生成
 - $p p \rightarrow \text{gluino gluino } X$
 - $p p \rightarrow \text{squark gluino } X$
 - $p p \rightarrow \text{squark squark } X$
- Gluinoの崩壊からくる stop/sbottom を見る。
 - $\text{gluino} \rightarrow b s b_1 \rightarrow b s b \chi_2^0 \rightarrow b b l l \chi_1^0$
 - ◆ このレフトン有りモードの解析はすでにあった。
 - $\text{gluino} \rightarrow t s t_1 \rightarrow t t \chi_1^0$
 - $\text{gluino} \rightarrow t s t_1 \rightarrow t b \chi_1^-$
 - $\text{gluino} \rightarrow b s b_1 \rightarrow t b \chi_1^-$
 - ◆ これら、レフトン無しモードのまともな解析はなかった。

Stop / sbottom 終状態の例



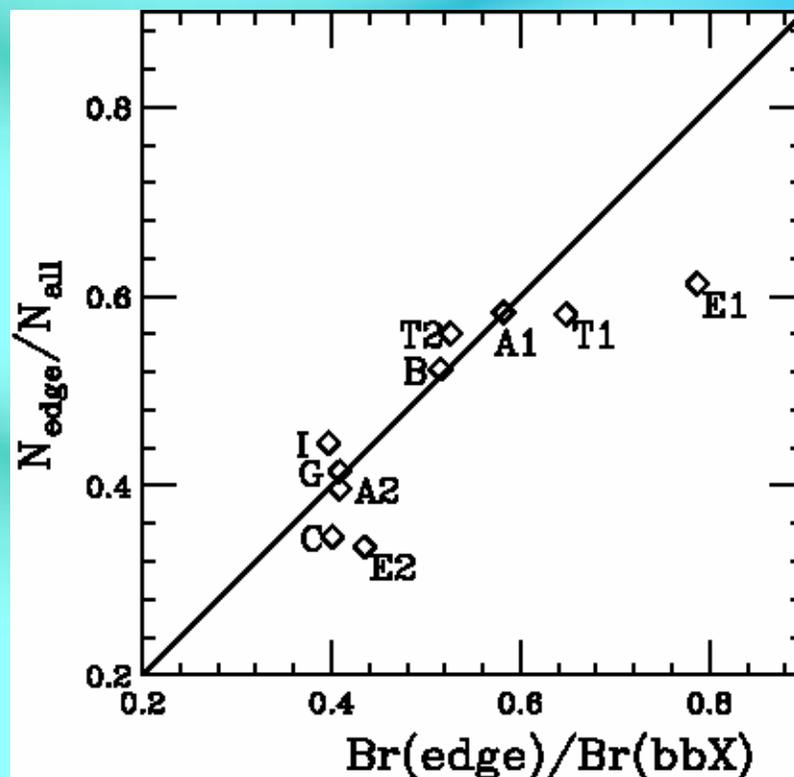
M_{tb} のendpointを求める

- ここに辿り着くまでに8か月。2002年2月。
- このあたいで最初のpaperを書いた。



その後 Full paper まで1年かかった

- M_{tb} 分布 endpoint の位置と高さから
 - Production rate
 - Branching ratios
- その他にもいろいろ。
 - $tb + l^+l^-$ mode
 - Top polarization
 - Generator dependence,
 - Jet algorithm dependence
- 2003年4月に full paper 投稿。



ATLASでの研究発表

- **2001-Sep, ATLAS physics WS (Lund)**
 - A study of stop/sbottom using jets, K. Kawagoe
 - ◆ イベントセレクションの見直しとサイドバンドを使ったバックグラウンドの評価
 - ◆ 最初の発表。今から思うと冷や汗もの。とにかく何か話してみたというところ。
- **2002-Feb, ATLAS SUSY WG meeting (CERN)**
 - A study of stop/sbottom using jets, K. Kawagoe
 - ◆ Mtb endpoint の再構築に成功。やっとまともな結果を発表できた。
 - Approaching the nature of the third generation squarks at LHC, M.M. Nojiri
 - ◆ 理論的解釈の部分。
- **2002-Jun, ATLAS overview week (CI-Ferrand)**
 - Study of the third generation squarks at LHC, K. Kawagoe
 - ◆ 物理セッションでのプレナリー講演
- **2003-Feb, ATLAS SUSY WG meeting (CERN)**
 - Update on stop/sbottom studies, M.M. Nojiri
 - ◆ Full paper の内容を発表。
- **2003-May, ATLAS physics workshop (Athens)**
 - Detailed study of third generation squarks at LHC, K. Kawagoe
 - ◆ Full paper の内容を発表

学会、研究会での研究発表

- 2002-Mar, 日本物理学会 (立命館大学)
 - LHC/ATLAS実験における $stop/sbottom$ の研究 (川越)
- 2002-Jun, SUSY2002 (DESY)
 - *Scenery from the top : study of the third generation squarks at the CERN LHC*, M.M. Nojiri
- 2002-Sep, 日本物理学会 (立教大学)
 - *Study of the third generation squarks at LHC*, (野尻)
- 2003-Jan, PASCOS03 (Mumbai, India)
 - *Study of third generation squarks at LHC*, M.M. Nojiri
- 2003-Mar, 基研研究会「高エネルギーフロンティアでの物理」
 - SUSY at LHC, K. Kawagoe, invited talk.
- 2003-Jul, Physics at LHC (Prague)
 - *Detailed study of third generation squarks at LHC*, J. Kanzaki
 - ◆ Full paper の内容を神前さんに発表を代行してもらった (多謝!!)

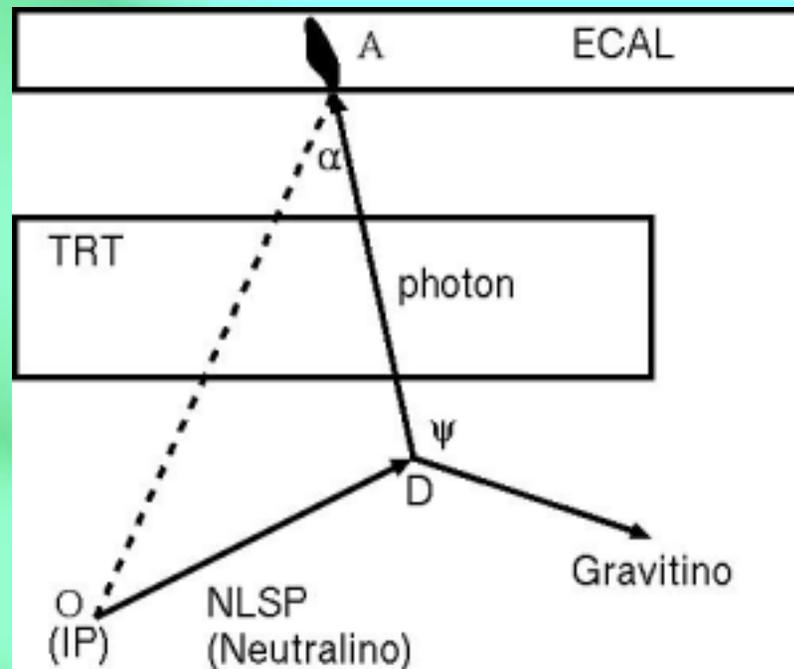
発表論文

(理論屋さんと組むからには論文は必須)

- **Scenery from the top : study of the third generation squarks at the CERN LHC**
 - J. Hisano, K. Kawagoe, R. Kitano, M.M. Nojiri
 - *Phys. Rev. D* **66** (2002) 115004, hep-ph/0204078.
 - 最初の論文。短い。
- **Detailed study of gluino decay into third generation squarks at the CERN LHC**
 - J. Hisano, K. Kawagoe, M.M. Nojiri
 - *Phys. Rev. D* **68** (2003) 035007, hep-ph/0304214.
 - Full paper。長い。これでひと区切り。
 - ほぼ同じものを ATLAS Note にした (ATL-PHYS-2003-029)。

Non-pointing photonを用いた GMSB事象の解析

- 最初のアイデアは小林さん (2001年5月?)
 - Neutralino \rightarrow photon + Gravitino
 - Non-pointing photonのECALへの入射角と到達時間の測定でGravitino運動量の方角を決定(小林角)。



Non-pointing photonを用いた GMSB事象の解析 (cont'd)

- **最初のシミュレーション (越智、2001年9月)**
 - Toy シミュレーションプログラムによる小林角の再構築。
目途はついたのだが...
 - その後、永らく休眠状態。
- **ついに復活 (川越、野尻、2003年1月)**
 - ATLFAST+Toy simulation
 - Mass relation method の開発
 - ◆ ほかのSUSY解析にも広く応用可能。
 - 一気にATLAS SUSY WG で発表(2月)、paperへ(9月)。

光子の選択と角度 ψ の分解能

Pre-selection

- $M_{\text{eff}} > 400 \text{ GeV}$,
- $E_T^{\text{miss}} > 0.1 M_{\text{eff}}$,
 $(M_{\text{eff}} = E_T^{\text{miss}} + p_{T1} + p_{T2} + p_{T3} + p_{T4})$

の後、次のカット (a)-(c) を適用;

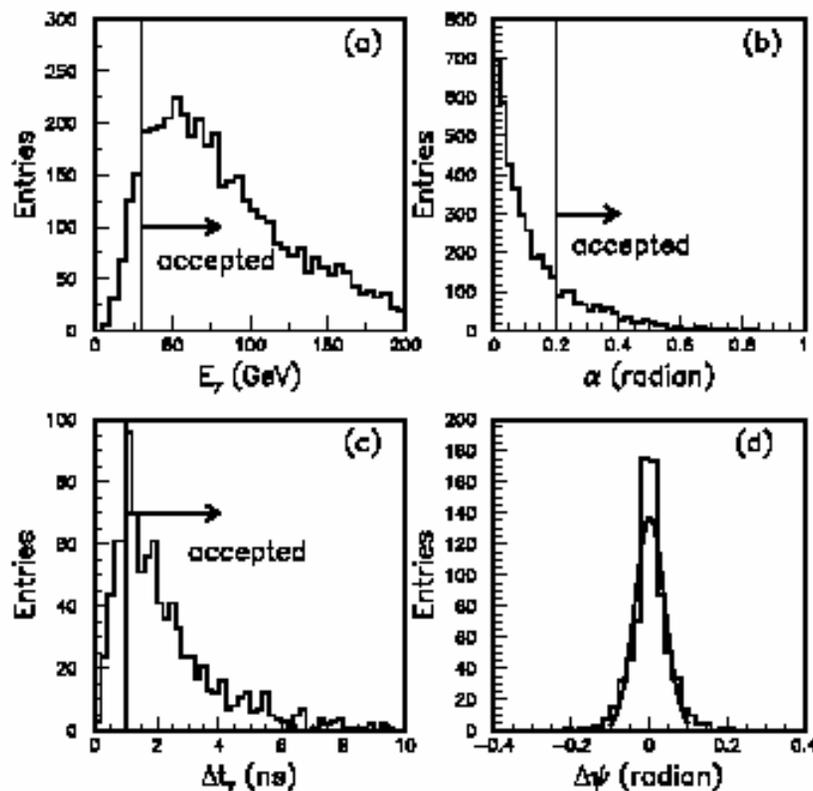
(a) $E_\gamma > 30 \text{ GeV}$,

(b) $\alpha > 0.2 \text{ rad.}$, and

(c) $\Delta t_\gamma > 1.0 \text{ ns}$.

(d) は $\Delta\psi = \psi - \psi_{\text{true}}$ の分布。

$\psi = \theta_{\gamma\bar{G}}$ の分解能は $\sim 40 \text{ mrad}$.



Mass Relation Method: $m_{\tilde{\chi}_1^0}$ と $m_{\tilde{\ell}}$ の決定

例として次の decay chain を考える:

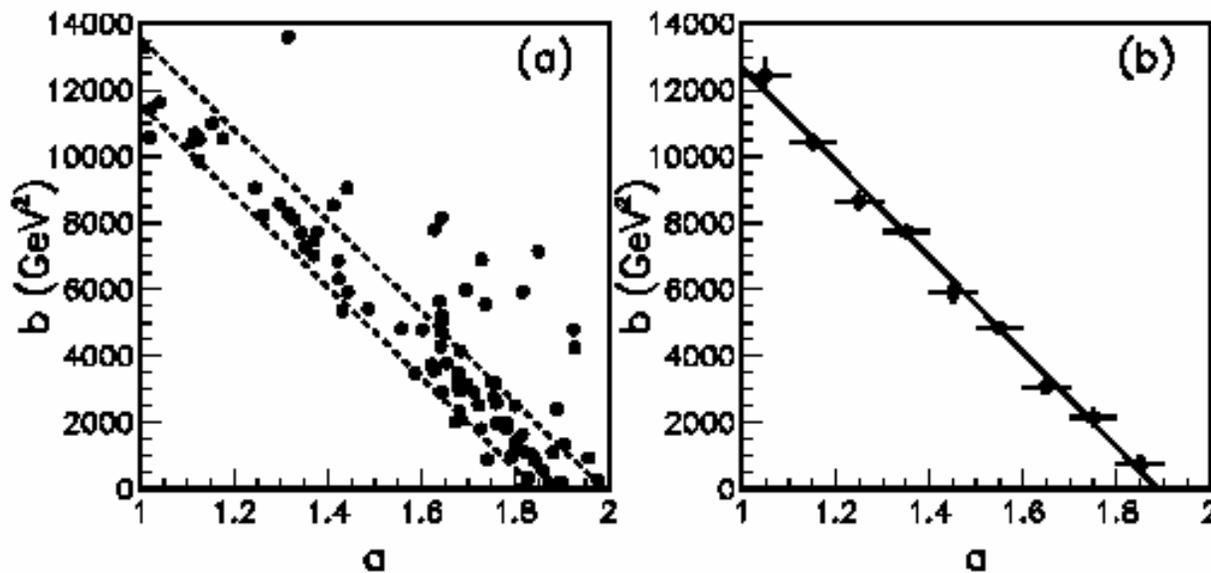
$$\tilde{\ell} \rightarrow \ell \tilde{\chi}_1^0 \rightarrow \ell \gamma \tilde{G},$$

$\cos \psi = \cos \theta_{\gamma \tilde{G}}$ は測定可能で、 $E_{\tilde{G}}$ は未知。ここで、“Mass Relation” を使う。

$$\begin{aligned} m_{\tilde{\chi}_1^0}^2 &= (p_\gamma + p_{\tilde{G}})^2 = 2E_\gamma E_{\tilde{G}}(1 - \cos \psi) \\ m_{\tilde{\ell}}^2 &= (p_\gamma + p_{\tilde{G}} + p_\ell)^2 \\ &= 2E_\gamma E_{\tilde{G}}(1 - \cos \psi) + 2E_{\tilde{G}} E_\ell (1 - \cos \theta_{\ell \tilde{G}}) + 2E_\ell E_\gamma (1 - \cos \theta_{\ell \gamma}) \\ &= \left(1 + \frac{E_\ell (1 - \cos \theta_{\ell \tilde{G}})}{E_\gamma (1 - \cos \psi)} \right) m_{\tilde{\chi}_1^0}^2 + 2E_\ell E_\gamma (1 - \cos \theta_{\ell \gamma}) \\ &= a m_{\tilde{\chi}_1^0}^2 + b \end{aligned}$$

パラメータの組 (a, b) は、 E_ℓ , E_γ , および 3 つの角度 (すべて測定可能) を用いてイベント毎に決定できる。

- In an event having an non-pointing photon and leptons, the combination minimizing the invariant mass $m_{\ell\gamma}$ is used to calculate a and b .
- The scatter plot (a, b) is fitted to the linear function : $b = m_{\ell}^2 - m_{\tilde{\chi}_1^0}^2 a$.



口頭発表と論文など

- **2003-Feb, ATLAS SUSY WG meeting (CERN)**
 - Full reconstruction of GMSB events (K. Kawagoe)
- **2003-Mar, 基礎研究会「高エネルギーフロンティアでの物理」**
 - SUSY at LHC, K. Kawagoe, invited talk.
- **2003-May, ATLAS Physics WS (Athens)**
 - ECAL full simulation やってる学生とdiscussion。
- **2003年9月、日本物理学会@宮崎**
 - LHC実験におけるnon-pointing photonを用いたGMSB事象の再構築 (川越)
- **Study of the gauge mediation signal with non-pointing photons at the CERN LHC**
 - K. Kawagoe, T. Kobayashi, M.M. Nojiri., A. Ochi
 - ◆ Non-pointing photonによる小林角の再構築
 - ◆ Slepton mass と neutralino mass の決定
 - ◆ Neutralino lifetime の決定
 - Hep-ph/0309031, accepted by Phys. Rev. D.

その他の活動

■ LHC-LC study group

- LHCとLCが同時に走ると何ができるか。
- 最初のレポートを編集中(原稿は集まった。400ページ)。
- 川越、野尻は編集委員。
- Stop / sbottom study を拡張してレポートに貢献。

■ Les Houches Workshop (May-June, 2003)

- 野尻さんがSUSY convenor。八面六臂の活躍。
 - ◆ M.M. Nojiri, G. Polesello, D.R. Tovey, Proposal for a new reconstruction technique for SUSY processes at the LHC
 - ◆ M.M. Nojiri, G. Polesello, D.R. Tovey, Measuring the mass of the lightest chargino at the LHC
 - ◆ D. Prieur, K. Kawagoe, M.M. Nojiri, G. Polesello, Study of non-pointing photons at the CERN LHC

科学研究費補助金

■ 基盤研究B(2) 2003-2006

- 最高エネルギーの陽子陽子衝突における超対称性の研究
- 実験屋と理論屋の共同研究
- 川越、越智、石井、真下、野尻、久野
- Small PC farm, 外国/国内旅費

■ シミュレーションや解析では通いにくいといわれてきたが、可能性はゼロではない。

2004年の活動

- 継続的な活動が今後も必要
- 最近取り掛かったこと
 - Mass relation method を用いた
gluino \rightarrow b $sb \rightarrow bll$ decay chain の解析
 - K. Kawagoe, M.M. Nojiri, G. Polesello, D.R. Tovey
 - 2月のATLAS week (SUSY WG)で発表を目指す。
- 新ネタ探し。
- Full simulation どうしよう？
- ATHENA どうしよう？
- 本隊はいいつSUSYを始めるのだろうか。

謝辞

- 皆様、いつも大変お世話になっていきます。
- 今後もよろしくお願ひします。
 - ATLAS実験の皆様
 - ◆ ATLAS測定器のR&D, Construction
 - ◆ ATLFASTなどの simulation tool
 - 神前さん他
 - ◆ RUNATLF (ATLFAST --> NTUPLE)
 - 坂本さん、真下さん、松本さん他
 - ◆ LXATL at ICEPP (CPU power and Storage)